

⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 20 513 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
F 02 M 61/18

⑳ Aktenzeichen: 198 20 513.9
㉒ Anmeldetag: 8. 5. 98
㉓ Offenlegungstag: 11. 11. 99

DE 198 20 513 A 1

㉑ **Anmelder:**
MTU Motoren- und Turbinen-Union
Friedrichshafen GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

㉒ **Erfinder:**
Danckert, Bernd, Dipl.-Ing., 88074 Meckenbeuren,
DE; Schütz, Bernhrd, 78199 Bräunlingen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

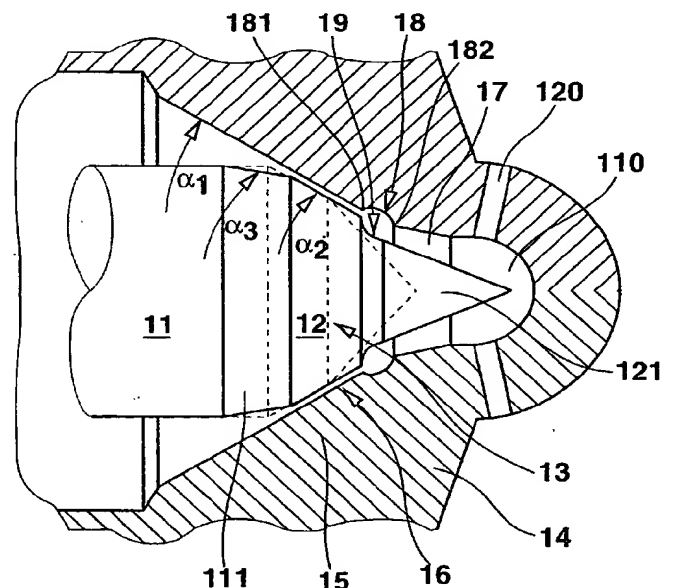
DE	43 03 813 C1
DE	196 34 933 A1
DE	195 47 423 A1
DE	41 17 910 A1
DE	36 05 082 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine**

⑤⑦ Es wird eine Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine, insbesondere eines Common-Rail-Einspritzsystems beschrieben. Die Einspritzdüse enthält eine mit einem zur Steuerung eines Düsenöffnungsvorgangs dienenden Betätigungselement gekoppelte Düsennadel (11) mit einer Nadelspitze (12) und einem damit zusammenwirkenden Ventilsitz (15), wobei der Ventilsitz (15) eine konische Dichtfläche (16) mit einem Öffnungswinkel α_1 und die Nadelspitze (12) eine konische Dichtfläche (13) mit einem Öffnungswinkel α_2 aufweisen und die Nadelspitze (12) und das Nadelgehäuse (14) der Kraftstoffeinspritzdüse einen ringförmigen Strömungskanal (17) begrenzen. Erfindungsgemäß ist der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche (13) der Nadelspitze (12) kleiner als der Öffnungswinkel α_1 der Dichtfläche (16) des Ventilsitzes (15), und in Strömungsrichtung des Kraftstoffs ist auf die Dichtflächen (13, 16) von Nadelspitze (12) und Ventilsitz (15) folgend eine Erweiterung (18, 19) des ringförmigen Strömungskanals (17) zwischen Nadelspitze (12) und Nadelgehäuse (14) ausgebildet.



DE 198 20 513 A 1

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine, insbesondere eines Common-Rail-Einspritzsystems, bei dem die Einspritzdüse permanent von in einem Vorseicher unter hohem Druck vorgehaltenem Kraftstoff beaufschlagt wird, wobei die Kraftstoffeinspritzdüse eine mit einem zur Steuerung eines Düsenöffnungsvorgangs dienenden Betätigungselement gekoppelte Düsennadel mit einer Nadelspitze und einen mit der Nadelspitze der Düsennadel zusammenwirkenden Ventilsitz enthält, wobei der Ventilsitz eine konische Dichtfläche mit einem Öffnungswinkel α_1 und die Nadelspitze eine im geschlossenen Zustand des Einspritzventils an dieser anliegende konische Dichtfläche mit einem Öffnungswinkel α_2 aufweisen und Nadelspitze und Nadelgehäuse einen ringförmigen Strömungskanal begrenzen.

Bei Kraftstoffeinspritzdüsen dieser Art besteht eine Schwierigkeit darin, daß oft schon nach kurzer Laufzeit starke Schädigungen durch Kavitation unterhalb des Ventilsitzes an Düsennadelspitze und Nadelgehäuse festzustellen sind, welche zu Undichtigkeiten im Ventilsitz und zum Ausfall der Düse führen können. Derartige Kavitationsschäden kommen insbesondere bei Common-Rail-Einspritzsystemen zum Tragen, da aufgrund des permanenten Anliegens des hohen Drucks des in dem Vorseicher vorgehaltenen Kraftstoffs deutlich längere Kavitationsphasen während des Öffnens und Schließens der Einspritzdüse auftreten, verglichen mit Einspritzdüsen herkömmlicher Kraftstoffeinspritzsysteme.

Aus der DE 36 05 082 A1 ist eine Kraftstoffeinspritzdüse für Brennkraftmaschinen bekannt, welche für ein herkömmliches Einspritzsystem vorgesehen ist und bei welcher in der mit dem Ventilsitz zusammenwirkenden Dichtfläche der Nadelspitze eine Ringnut vorgesehen ist, welche der Bildung einer turbulenten Grenzschicht der Strömung dient. Stromabwärts der Dichtfläche ist an der Nadelspitze zunächst ein konvex geformter Mantelflächenabschnitt vorgesehen, auf welchen ein konkav geformter Mantelflächenabschnitt folgt. Hierdurch soll die Neigung zu Ablösungen der Strömung im Bereich des Ventildurchgangs verringert und die Strömung bzw. die Strahlausbildung verbessert werden.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kraftstoffeinspritzdüse zu schaffen, welche ein geringe Anfälligkeit gegen Kavitationsschäden im Bereich des Ventilsitzes an Düsennadel und Nadelgehäuse aufweist.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Kraftstoffeinspritzdüse gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzdüse sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Durch die Erfindung wird eine Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine, insbesondere eines Common-Rail-Einspritzsystems, bei dem die Einspritzdüse permanent von in einem Vorseicher unter hohem Druck vorgehaltenem Kraftstoff beaufschlagt wird, geschaffen. Die Kraftstoffeinspritzdüse enthält eine mit einem zur Steuerung eines Düsenöffnungsvorgangs dienenden Betätigungselement gekoppelte Düsennadel mit einer Nadelspitze und einen mit der Nadelspitze der Düsennadel zusammenwirkenden Ventilsitz, wobei der Ventilsitz eine konische Dichtfläche mit einem Öffnungswinkel α_1 und die Nadelspitze eine im geschlossenen Zustand des Einspritzventils an dieser anliegende konische Dichtfläche mit einem Öffnungswinkel α_2 aufweisen und Nadelspitze und Nadelgehäuse einen ringförmigen Strömungskanal begrenzen. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, daß der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche der Nadelspitze kleiner als der Öffnungswinkel α_1 der Dichtfläche des Ventilsitzes ist, und daß in Strömungsrichtung des

Kraftstoffs auf die Dichtflächen folgend eine Erweiterung des ringförmigen Strömungskanals zwischen Nadelspitze und Nadelgehäuse ausgebildet ist.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzdüse ist es, daß sich aufgrund der inversen Sitzwinkeldifferenz die engste Stelle des Nadeldichtsitzen am stromabwärtigen Ende desselben befindet und sich damit dort Kavitation definiert bildet, deren Kavitationsblasen dann in der nachfolgenden Erweiterung keine Möglichkeit haben sich an der Wandung von Nadelspitze bzw. Nadelgehäuse niederzuschlagen und damit keinen Schaden anrichten können.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, daß die Erweiterung des Strömungskanals zwischen Nadelspitze und Nadelgehäuse unmittelbar auf die Dichtflächen von Nadelspitze und Ventilsitz folgend vorgesehen ist.

Vorzugsweise ist die Erweiterung des Strömungskanals zwischen Nadelspitze und Nadelgehäuse durch einen im Querschnitt konkaven Verlauf mindestens einer der Oberflächen von Nadelspitze und Nadelgehäuse gebildet.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform hiervon sieht es vor, daß der konkave Verlauf der Oberfläche von Nadelspitze und/oder Nadelgehäuse durch einen Radius gebildet ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, daß der konkave Verlauf der Oberfläche an der stromaufwärtigen Seite mit einer Kante in die Dichtfläche von Nadelspitze und/oder Ventilsitz übergeht.

Weiterhin kann es vorgesehen werden, daß der konkave Verlauf der Oberfläche an der stromabwärtigen Seite mit einer Kante in die Oberfläche von Nadelspitze und/oder Nadelgehäuse übergeht.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzdüse ist es vorgesehen, daß jeweils an der Oberfläche von Nadelspitze und Nadelgehäuse eine Erweiterung des Strömungskanals mit konkavem Verlauf vorgesehen ist, und daß das Zentrum der Erweiterung des Nadelgehäuses bei geschlossenem Ventil gegenüber dem Zentrum der Erweiterung der Nadelspitze nach stromaufwärts versetzt ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, daß die Erweiterungen an Nadelgehäuse und Nadelspitze durch gleiche Radien gebildet sind.

Der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes beträgt vorteilhafterweise zwischen 50° und 60°, vorzugsweise zwischen 55° und 65°.

Gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt der Öffnungswinkel des Ventilsitzes rund 60°.

Vorteilhafterweise ist der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche der Nadelspitze zwischen 0,5° bis 3°, vorzugsweise zwischen 1° und 2° kleiner als der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes.

Besonders vorteilhaft ist es, den Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche der Nadelspitze um 1,5° kleiner als den Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes vorzusehen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, daß an der Nadelspitze stromaufwärts der Dichtfläche eine Übergangsfläche ausgebildet ist, die einen Winkel α_3 zwischen dem des Nadelkörpers und dem der Dichtfläche der Düsennadel aufweist. Diese Übergangsfläche verbessert das Strömungsverhalten am Übergang von Nadelkörper zu Dichtfläche.

Diese Übergangsfläche ist vorteilhafterweise durch eine konische Fläche gebildet.

Vorzugsweise ist die Übergangsfläche so ausgebildet, daß sie den Winkel zwischen der Dichtfläche der Düsennadel und dem Nadelkörper ungefähr halbiert.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungs-

gemäßen Kraftstoffeinspritzdüse ist es vorgesehen, daß die Nadelspitze einen spitz zulaufenden Endabschnitt aufweist. Dies hat den Vorteil, daß die Düsennadel mit ihrem Endabschnitt weit in ein am stromabwärtigen Ende des Nadelgehäuses ausgebildetes Sackloch hineinreicht, wodurch das Sacklochvolumen verringert wird.

Vorzugsweise ist der spitz zulaufende Endabschnitt durch einen Konus gebildet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, daß der den spitz zulaufenden Endabschnitt bildende Konus einen Öffnungswinkel α_4 aufweist, der kleiner ist als der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche der Nadelspitze.

Vorteilhafterweise beträgt der Öffnungswinkel α_4 des Endabschnitts zwischen 40° und 65° , vorzugsweise zwischen 50° und 55° .

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Nadelspitze stromaufwärts der Dichtfläche einen gegenüber dem Durchmesser des Nadelkörpers verbreiterten wulstförmigen Abschnitt aufweist.

Dieser wulstförmige Abschnitt kann durch aufeinanderfolgende konische und/oder zylindrische Ringflächen gebildet sein.

Alternativ kann der wulstförmige Abschnitt durch eine linsenförmige oder kugelförmige Fläche gebildet sein.

Vorteilhafterweise beträgt der Durchmesser des wulstförmigen Abschnitts das 1,05fache bis 1,2fache, vorzugsweise das 1,1fache bis 1,15fache des Durchmessers des Nadelkörpers der Düsennadel.

Die Längsausdehnung des wulstförmigen Abschnitts in Richtung der Nadelachse beträgt vorteilhafterweise das 0,2fache bis 0,6fache, vorzugsweise das 0,25fache bis 0,35fache des Durchmessers des Nadelkörpers der Düsennadel.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine geschnittene Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse im Bereich der Nadelspitze gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine geschnittene Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse im Bereich der Nadelspitze gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 eine Darstellung der Nadelspitze der Düsennadel des in **Fig. 1** gezeigten ersten Ausführungsbeispiels mit einer vergrößerten Einzelheit X;

Fig. 4 eine Darstellung der Nadelspitze der Düsennadel des zweiten Ausführungsbeispiels von **Fig. 2** in vergrößertem Maßstab;

Fig. 5 die Nadelspitze einer Düsennadel gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Einzelheiten X und Y.

In **Fig. 1** ist die geschnittene Seitenansicht einer Einspritzdüse eines Common-Rail-Einspritzsystems im Bereich der Nadelspitze der Düsennadel dargestellt. In einem Nadelgehäuse **14** ist eine Düsennadel, deren Nadelkörper mit dem Bezugszeichen **11** versehen ist, in Axialrichtung verschieblich gelagert. An der Nadelspitze **12** befindet sich eine konische Dichtfläche **13**, welche mit der Dichtfläche **16** eines an dem Nadelgehäuse **14** vorgesehenen Ventilsitzes **15** im Sinne eines Öffnens und Schließens der Einspritzdüse bei Bewegung der Düsennadel **11** zusammenwirkt. An dem der Nadelspitze **12** entgegengesetzten Ende ist die Düsennadel **11** mit einem zur Steuerung eines Düsenöffnungsvorgangs dienenden Betätigungselement gekoppelt, das in der Figur nicht dargestellt ist.

An der Vorderseite der Düsennadel **11** ist in dem Nadelgehäuse **14** ein Sackloch **110** ausgebildet, von welchem Einspritzöffnungen **120** ausgehen, welche zum Einspritzen des Kraftstoffs in den Brennraum der Brennkraftmaschine die-

nen. Die Nadelspitze **12** der Düsennadel **11** ist mit einem Endabschnitt **121** in Form eines spitz zulaufenden Konus versehen, welcher tief in das Sackloch **110** hineinragt. Zwischen der Dichtfläche **13** und dem konischen Endabschnitt **121** ist an der Oberfläche der Nadelspitze **12** eine Erweiterung des zwischen Nadelspitze **12** und Nadelgehäuse **14** gebildeten ringförmigen Strömungskanals **17** in Form eines im Querschnitt konkaven Verlaufs **19** hergestellt. Diesem konkaven Verlauf **19** der Nadelspitze **12** gegenüberliegend ist an der Innenwand des Nadelgehäuses **14** eine Erweiterung des zwischen Nadelspitze **12** und Nadelgehäuse **14** gebildeten ringförmigen Strömungskanals **17** in Form eines im Querschnitt ebenfalls konkaven Verlaufs **18** hergestellt. Zwischen der Dichtfläche **13** und dem Nadelkörper **11** ist eine Übergangsfläche **111** ausgebildet, die einen Winkel α_3 aufweist und den Winkel zwischen der zylindrischen Mantelfläche des Nadelkörpers **11** und der Dichtfläche **13** im wesentlichen halbiert. Die Dichtfläche **16** des Ventilsitzes **15** weist einen Öffnungswinkel α_1 auf, welcher bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel 60° beträgt, während die Dichtfläche **13** der Nadelspitze **12** einen Öffnungswinkel α_2 aufweist, welcher kleiner als der Öffnungswinkel α_1 der Dichtfläche **16** des Ventilsitzes **15** ist und bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel $58,5^\circ$ beträgt. Somit befindet sich die engste Stelle des Nadeldichtsitzes zwischen der Dichtfläche **13** der Düsennadelspitze **12** und der Dichtfläche **16** des Ventilsitzes **15** im vorderen Bereich der Nadelspitze **12**, was gegenüber herkömmlichen Dichtsitzgeometrien eine inverse Sitzwinkeldifferenz bedeutet. Nach dieser Engstelle erweitert sich der zwischen Nadelspitze **12** und Nadelgehäuse **14** gebildete ringförmige Strömungskanal **17** durch die konkaven Verläufe **18**, **19**, wodurch eine "Kavitationsfalle" für die Kavitationsblasen gebildet wird, die aufgrund der inversen Sitzwinkeldifferenz in definierter Weise an der engsten Stelle des Nadeldichtsitzes unmittelbar stromaufwärts der konkaven Verläufe **18**, **19** gebildet werden. Zum Vergleich mit einer herkömmlichen Nadelspitzengeometrie ist eine solche in **Fig. 1** gestrichelt dargestellt.

In **Fig. 3** ist die Nadelspitze **12** der Düsennadel **11** aus **Fig. 1** nochmals vergrößert dargestellt. Wie insbesondere aus dem vergrößerten Ausschnitt X ersichtlich ist, ist der konkave Verlauf **18** durch einen Radius gebildet, welcher bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel $0,5\text{ mm}$ beträgt. Durch diesen Radius wird eine hohlkehlenförmige, ringförmige Ausnehmung gebildet, welche von einer ersten Kante **191** an der Dichtfläche **13** zu einer zweiten Kante **192** an dem vorderen Endabschnitt **121** der Nadelspitze **12** verläuft. Der konkave Verlauf **18** an der Innenseite des Nadelgehäuses **14** ist ebenfalls durch einen Radius gebildet, welcher von einer stromaufwärtigen Kante **181** zu einer stromabwärtigen Kante **182** verläuft, vergleiche **Fig. 1**. Wie ebenfalls aus **Fig. 1** ersichtlich ist, ist das Zentrum der konkaven Erweiterung **18** des Nadelgehäuses **14** bei geschlossenen Ventil gegenüber dem Zentrum der konkaven Erweiterung **19** der Nadelspitze **12** nach stromaufwärts versetzt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die beiden Erweiterungen **18**, **19** an Nadelgehäuse **14** und Nadelspitze **12** durch gleiche Radien gebildet.

Fig. 2 zeigt in einer geschnittenen Seitenansicht ein zweites Ausführungsbeispiel einer Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine als Bestandteil eines Common-Rail-Einspritzsystems, die in ihren wesentlichen Bestandteilen mit der Kraftstoffeinspritzdüse des in **Fig. 1** gezeigten ersten Ausführungsbeispiels übereinstimmt. In einem Nadelgehäuse **24** ist eine Düsennadel in Axialrichtung verschieblich gelagert angeordnet, deren Nadelkörper mit dem Bezugszeichen **21** versehen ist. An der Nadelspitze **22** der Düsennadel **21** ist eine Dichtfläche **23** ausgebildet, welche

mit einer Dichtfläche 26 eines an dem Nadelgehäuse 24 ausgebildeten Dichtsitzes 25 im Sinne eines Öffnens und Schließens der Einspritzdüse bei der Bewegung der Düsen-
 nadel 21 zusammenwirkt. An der Vorderseite der Nadel-
 spitze 22 ist in dem Nadelgehäuse 24 ein Sackloch 210 aus-
 gebildet, von welchem Einspritzöffnungen 220 ausgehen,
 die zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum der
 Brennkraftmaschine dienen. Ein an der Vorderseite der Na-
 delspitze 22 ausgebildeter Endabschnitt 221 ragt in dieses
 Sackloch 210. Zwischen der Dichtfläche 23 und dem Nadel-
 körper 21 ist eine Übergangsfläche 211 ausgebildet, die ei-
 nen Öffnungswinkel α_3 aufweist und den Winkel zwischen
 Nadelkörper 21 und Dichtfläche 23 im wesentlichen hal-
 biert. Stromabwärts des durch die Dichtflächen 23 und 26
 gebildeten Dichtsitzes ist an der inneren Oberfläche des Na-
 delgehäuses 24 eine Erweiterung des zwischen Nadelspitze
 22 und Nadelgehäuse 24 verlaufenden ringförmigen Strö-
 mungskanals 27 in Form eines konischen Verlaufs 28 aus-
 gebildet. Der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche 23 an der Na-
 delspitze 22 ist kleiner als der Öffnungswinkel α_1 der Dicht-
 fläche 26 des Ventilsitzes 25. Bei dem dargestellten Ausführ-
 ungsbeispiel beträgt der Öffnungswinkel α_1 der Dichtflä-
 che 26 des Ventilsitzes 25 60° und der Öffnungswinkel α_2
 der Dichtfläche 23 der Nadelspitze 22 beträgt $58,5^\circ$. Somit
 befindet sich die engste Stelle des durch die beiden Dichtflä-
 chen 23, 26 gebildeten Nadeldichtsitzes unmittelbar strom-
 aufwärts der konkaven Erweiterung 28 des Nadelgehäuses
 24, welche eine "Kavitationsfalle" für Kavitationsblasen bil-
 det, welche in definierter Weise an der engsten Stelle des
 Nadeldichtsitzes gebildet werden. Zum Vergleich mit einer
 herkömmlichen Nadelspitzengeometrie ist eine solche in
 Fig. 2 gestrichelt eingezeichnet.

Fig. 4 zeigt in vergrößerter Darstellung die Nadelspitze
 22 der Düsennadel 21 aus Fig. 2. Wie angegeben, beträgt
 der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche 23 $58,5^\circ$ gegenüber
 dem Öffnungswinkel α_1 der Dichtfläche 26 des Ventilsitzes
 25 von 60° . Die Übergangsfläche 211 hat einen Öffnungs-
 winkel α_3 von 30° bis 40° , wodurch der Öffnungswinkel α_2
 der Dichtfläche 23 im wesentlichen halbiert wird. Der Öff-
 nungswinkel α_4 des Endabschnitts 221 der Nadelspitze 22
 beträgt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel 80° .

Bei einem in Fig. 5 dargestellten dritten Ausführungsbei-
 spiel einer Düsennadel, wie sie mit einem Nadelgehäuse der
 in Fig. 1 oder Fig. 2 dargestellten Art kombinierbar ist, ist
 an der Nadelspitze 32 stromaufwärts einer Dichtfläche 33
 ein gegenüber dem Durchmesser des Nadelkörpers 31 ver-
 breiteter wulstförmiger Abschnitt 320 ausgebildet. Dieser
 wulstförmige Abschnitt 320 ist durch aufeinanderfolgende
 Ringflächen 321, 322, 323 gebildet, von denen die Ringflä-
 chen 321 und 323 als konische Flächen ausgebildet sind,
 während die Ringfläche 322 in Form einer zylindrischen
 Ringfläche gebildet ist, vergleiche Einzelheit Y. Der Durch-
 messer des wulstförmigen Abschnitts 320 beträgt an seiner
 breitesten Stelle, d. h. an der Ringfläche 322 rund das
 1,15fache des Durchmessers des Nadelkörpers 31 der Dü-
 sennadel. Die Längsausdehnung des wulstförmigen Ab-
 schnitts 320 in Richtung der Nadelachse beträgt etwa das
 0,25fache des Durchmessers des Nadelkörpers 31. Abwei-
 chend von der Ausgestaltung des wulstförmigen Abschnitts
 320 durch aufeinanderfolgende konische und zylindrische
 Ringflächen kann der wulstförmige Abschnitt 320 auch
 durch eine linsenförmige oder kugelförmige Fläche 324 ge-
 bildet sein, wie in der Einzelheit Y gestrichelt dargestellt.

Unmittelbar auf die Dichtfläche 33 der Nadelspitze 32
 folgend ist eine Erweiterung in Form eines konischen Ver-
 laufs 39 ausgebildet, welche durch einen Radius gebildet ist,
 wie in der Einzelheit X dargestellt. Die konische Erweite-
 rung 39 geht einerseits mit einer Kante 391 in die Dichtflä-

che 33 und andererseits mit einer Kante 392 in den Endab-
 schnitt 321 der Düsen Spitze 32 über.

Wie in Fig. 5 dargestellt, weist die Dichtfläche 33 der Na-
 delspitze 32 einen Öffnungswinkel α_2 von $59,8^\circ$ auf, gegen-
 über einem Öffnungswinkel α_1 von 60° der Dichtfläche des
 Ventilsitzes des damit kombinierten Nadelgehäuses. Der
 Öffnungswinkel α_4 des Endabschnitts 321 beträgt 55° . Die
 konische Ringfläche 323 des wulstförmigen Abschnitts 320
 ist mit einem Öffnungswinkel von 45° als Übergangsfläche
 zwischen der Dichtfläche 33 und der zylindrischen Ringflä-
 che 322 des wulstförmigen Abschnitts 320 ausgebildet.

Bezugszeichenliste

- 1; 20 Einspritzdüse
- 11; 21; 31 Düsenadel, Nadelkörper
- 12; 22; 32 Nadelspitze
- 13; 23; 33 Dichtfläche
- 14; 24 Nadelgehäuse
- 15; 25 Ventilsitz
- 16; 26 Dichtfläche
- 17; 27 Strömungskanal
- 18; 28 konkaver Verlauf
- 19 konkaver Verlauf
- 110; 210 Sackloch
- 120; 220 Einspritzöffnung
- 181; 281 Kante
- 182; 282 Kante
- 191; 391 Kante
- 192; 392 Kante
- 111; 211 Übergangsfläche
- 121; 221; 321 Endabschnitt
- 320 wulstförmiger Abschnitt
- 321 Ringfläche
- 322 Ringfläche
- 323 Ringfläche
- 324 kugelförmige Fläche

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftma-
 schine, insbesondere eines Common-Rail-Einspritzsys-
 tems, bei dem die Einspritzdüse permanent von in ei-
 nem Vorseicher unter hohem Druck vorgehaltenen
 Kraftstoff beaufschlagt wird, enthaltend eine mit einem
 zur Steuerung eines Düsenöffnungsvorgangs dienen-
 den Betätigungselement gekoppelte Düsenadel (11;
 21; 31) mit einer Nadelspitze (12; 22; 32) und einen mit
 der Nadelspitze (12; 22; 32) der Düsenadel (11; 21;
 31) zusammenwirkenden Ventilsitz (15; 25), wobei der
 Ventilsitz (15; 25) eine konische Dichtfläche (16; 26)
 mit einem Öffnungswinkel α_1 und die Nadelspitze (12;
 22; 32) eine im geschlossenen Zustand des Einspritz-
 ventils an dieser anliegende konische Dichtfläche (13;
 23; 33) mit einem Öffnungswinkel α_2 aufweisen und
 Nadelspitze (12; 22; 32) und Nadelgehäuse (14; 24) ei-
 nen ringförmigen Strömungskanal (17; 27) begrenzen,
dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_2
 der Dichtfläche (13; 23; 33) der Nadelspitze (12; 22;
 32) kleiner als der Öffnungswinkel α_1 der Dichtfläche
 (16; 26) des Ventilsitzes (15; 25) ist, und daß in Strö-
 mungsrichtung des Kraftstoffs auf die Dichtflächen
 (13; 23; 33, 16; 26) von Nadelspitze (12; 22; 32) und
 Ventilsitz (15; 25) folgend eine Erweiterung des ring-
 förmigen Strömungskanals (17; 27) zwischen Nadel-
 spitze (12; 22; 32) und Nadelgehäuse (14; 24) ausgebil-
 det ist.

2. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß die Erweiterung des Strömungskanal (17; 27) zwischen Nadelspitze (12; 22; 32) und Nadelgehäuse (14; 24) unmittelbar auf die Dichtflächen (13; 23; 33; 16; 26) von Nadelspitze (12; 22; 32) und Ventilsitz (15; 25) folgend vorgesehen ist.

3. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erweiterung des Strömungskanal (17; 27) zwischen Nadelspitze (12; 22; 32) und Nadelgehäuse (14; 24) durch einen im Querschnitt konkaven Verlauf (18; 28; 19; 39) mindestens einer der Oberflächen von Nadelspitze (12; 22; 32) und Nadelgehäuse (14; 24) gebildet ist.

4. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der konkave Verlauf (18; 28; 19; 39) der Oberfläche von Nadelspitze (12; 22; 32) und/oder Nadelgehäuse (14; 24) durch einen Radius gebildet ist.

5. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der konkave Verlauf (18; 28; 19; 39) der Oberfläche an der stromaufwärtigen Seite mit einer Kante (181; 191; 281; 391) in die Dichtfläche (13; 16; 26; 33) von Nadelspitze (12; 22; 32) und/oder Ventilsitz (15; 25) übergeht.

6. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der konkave Verlauf (18; 19; 28; 39) der Oberfläche an der stromabwärtigen Seite mit einer Kante (182; 192; 282; 392) in die Oberfläche von Nadelspitze (12; 22; 32) und/oder Nadelgehäuse (14; 24) übergeht.

7. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils an der Oberfläche von Nadelspitze (12) und Nadelgehäuse (14) eine Erweiterung (19; 18) des Strömungskanal (17) mit konkavem Verlauf vorgesehen ist, und daß das Zentrum der Erweiterung (18) des Nadelgehäuses (14) bei geschlossenem Ventil gegenüber dem Zentrum der Erweiterung (19) der Nadelspitze (12) nach stromaufwärts versetzt ist.

8. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Erweiterungen (18; 19) an Nadelgehäuse (14) und Nadelspitze (12) durch gleiche Radien gebildet sind.

9. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes (15; 25) zwischen 50° und 70°, vorzugsweise zwischen 55° und 65° beträgt.

10. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes (15; 25) rund 60° beträgt.

11. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche (13; 23; 33) der Nadelspitze (12; 22; 32) zwischen 0,5° bis 3°, vorzugsweise zwischen 1° und 2° kleiner als der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes (16; 26) ist.

12. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche (13; 23; 33) der Nadelspitze (12; 22; 32) um 1, 5° kleiner als der Öffnungswinkel α_1 des Ventilsitzes (16; 26) ist.

13. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß an der Nadelspitze (12; 22) stromaufwärts der Dichtfläche (13; 23) eine Übergangsfläche (111; 211) ausgebildet ist, die einen Winkel α_3 zwischen dem des Nadelkörpers (11; 21) und dem der Dichtfläche (13; 23) der Düsennadel (10; 20) aufweist.

14. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 13, da-

durch gekennzeichnet, daß die Übergangsfläche (111; 211) durch eine konische Fläche gebildet ist.

15. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Übergangsfläche (111; 211) den Winkel zwischen der Dichtfläche (13; 23) der Düsennadel (10; 20) und dem Nadelkörper (11; 21) ungefähr halbiert.

16. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Nadelspitze (12; 22; 32) einen spitz zulaufenden Endabschnitt (121; 221; 321) aufweist.

17. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der spitz zulaufende Endabschnitt (121; 221; 321) durch einen Konus gebildet ist.

18. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der den spitz zulaufenden Endabschnitt (121; 221; 321) bildende Konus einen Öffnungswinkel α_4 aufweist, der kleiner ist als der Öffnungswinkel α_2 der Dichtfläche (13; 23; 33) der Nadelspitze (12; 22; 32).

19. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel α_4 des Endabschnitts (121; 221; 321) zwischen 40° und 65°, vorzugsweise zwischen 50° und 55° beträgt.

20. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Nadelspitze (32) stromaufwärts der Dichtfläche (33) einen gegenüber dem Durchmesser des Nadelkörpers (31) verbreiterten wulstförmigen Abschnitt (320) aufweist.

21. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der wulstförmige Abschnitt (320) durch aufeinanderfolgende konische und/oder zylindrische Ringflächen (321; 322; 323) gebildet ist.

22. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der wulstförmige Abschnitt (320) durch eine linsenförmige oder kugelförmige Fläche (324) gebildet ist.

23. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 20, 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des wulstförmigen Abschnitts (320) das 1,05fache bis 1,2fache, vorzugsweise das 1,1fache bis 1,15fache des Durchmessers des Nadelkörpers (31) der Düsennadel beträgt.

24. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsausdehnung des wulstförmigen Abschnitts (320) in Richtung der Nadelachse das 0,2fache bis 0,6fache, vorzugsweise das 0,25fache bis 0,35fache des Durchmessers des Nadelkörpers (31) der Düsennadel beträgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

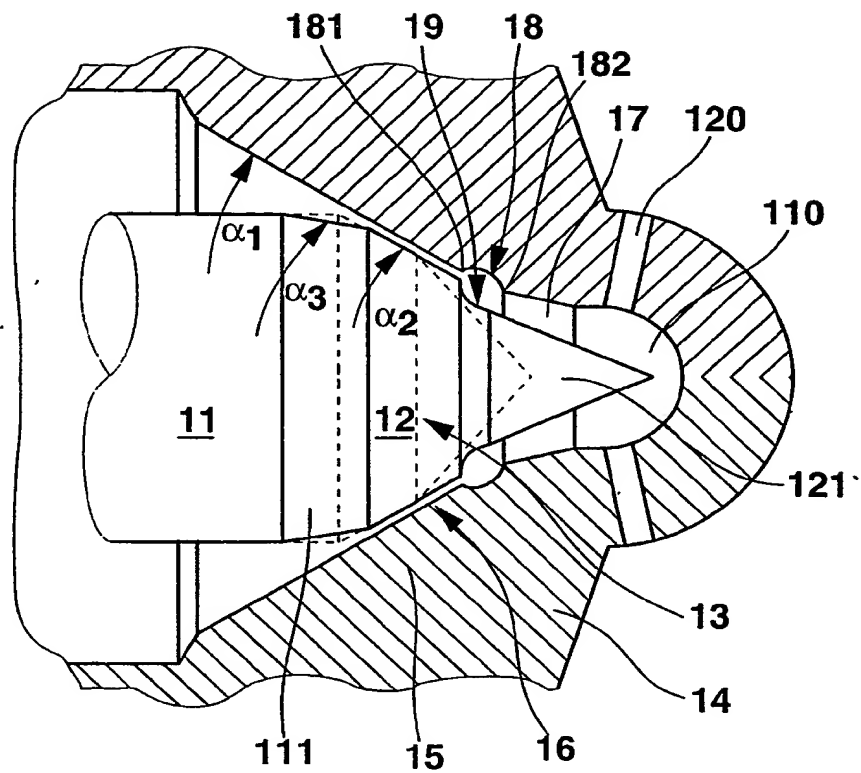


Fig. 2

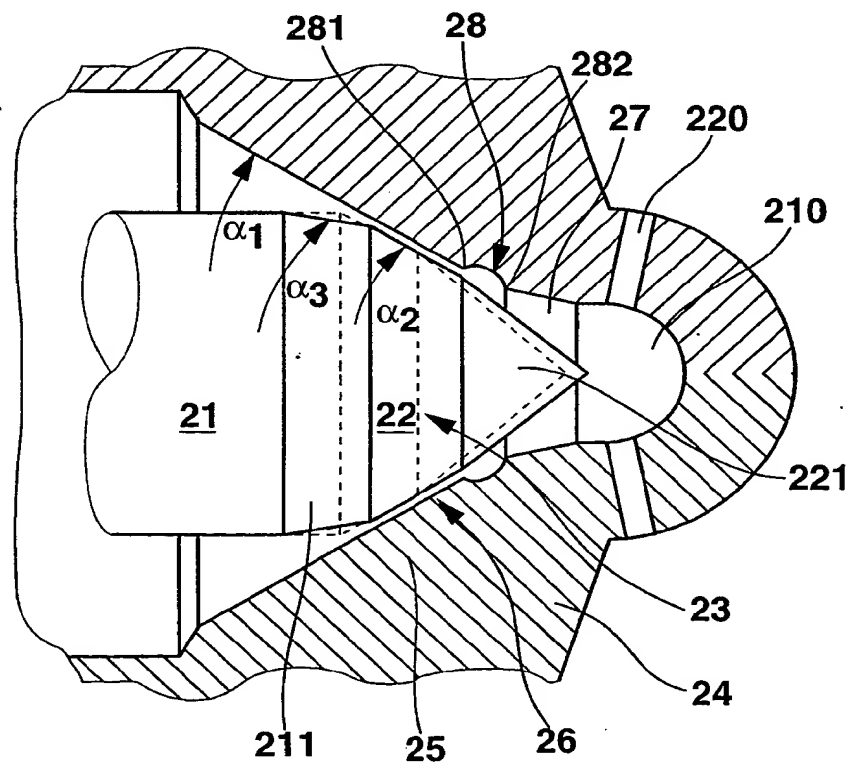


Fig. 5

